Műholdas felvételek használhatósága a precíziós mezőgazdaságban

A mezőgazdasági táblákról készített műholdfelvételek egyik alapját képezik napjaink mezőgazdasági szaktanácsadásának. Korábbi cikkekeinkben bemutatott műholdfelvételek a drónfelvételekhez hasonló passzív optikai távérzékelési elven működnek, azaz a mérések során a felszínről visszaverődő fényt mérik. Egyik nagy különbség a drónfelvételekhez képest a spektrális és térbeli felbontása és csatornánkénti érzékenysége. A drónra szerelt módosított kamerával készített felvételek színei 0-255, a Sentinel 2 műhold multispektrális képei (MSI) 0-10200 reflektancia-értékeket vehetnek fel, azaz a műholdfelvételek érzékenysége sokkal nagyobb.

A Sentinel 2 műholdaknak 5 napos visszatérési ideje van, ami azt jelenti, hogy ugyanazon földrajzi helyről 5 naponta készít felvételeket. A műholdas távérzékelés működési elvéből adódóan a műszernek „át kell tekintenie" egy bizonyos vastagságú légrétegen, viszont maga a légkör nem minden hullámhosszúságú sugárzásnak járható át egyformán. A műholdra szerelt érzékelők tervezésénél, megvalósításánál és a mérések kivitelezésénél figyelembe kell venni ezt a tényezőt.

A mezőgazdasági használatra több műhold adatai is ingyenesen elérhetőek, cikkünkben az Európai Űrügynökség (ESA) Copernicus programja által üzemeltetett Sentinel 2 ikerműholdat és az abból származó felvételeket fogjuk bemutatni. A Sentinel 2A-t 2015. június 23-án, a Sentinel 2B-t pedig 2017. március 7-én állították földkörüli pályára, azaz az első felvételek ebből az időszakból érhetők el.

A műholdra szerelt multispektrális érzékelő tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze, a táblázatban kiemeltük az emberi szem számára látható spektrumot.

A felvételek 110x110 kilométeres területet fednek le, azaz körülbelül egy magyarországi megyényi terjedeleműek, a nyers felvételek mérete egyenként 0,65-1,2 GB (1. ábra).

1. táblázat A Sentinel 2 műhold spektrális csatornái

	Hullámhossz (µm)	Térbeli felbontás (m)
Band 1 – Tengerparti aeroszol	0,443	60x60
Band 2 – Kék	0,490	10x10
Band 3 – Zöld	0,560	10x10
Band 4 – Vörös	0,665	10x10
Band 5 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,705	20x20
Band 6 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,740	20x20
Band 7 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,783	20x20
Band 8 – Közeli infravörös	0,842	10x10
Band 8A – Keskeny sávú közeli infravörös	0,865	20x20
Band 9 – Vízgőz	0,945	60x60
Band 10 – Rövid hullámú infravörös (SWIR), Pehelyfelhő (Cirrus)	1,375	60x60
Band 11 - Rövid hullámú infravörös	1,610	20x20
Band 12 - Rövid hullámú infravörös	2,190	20x20

A műholdak mindig az adott napszakban térnek vissza a Föld ugyanazon pontja felé. Az átrepüléskor a vizsgálandó tábla felett felhő, illetve a táblára vetülő árnyék zavarhatja a feldolgozást. A valós színes (TCI) csatornán (2. ábra) szemmel jól felismerhető a szántóföldi táblák felett levő felhőzet és az azokra vetülő árnyéka.

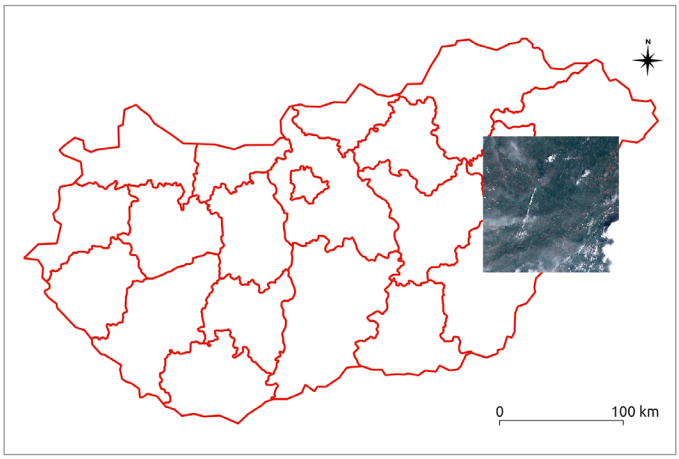
A vörös (B4) és közeli infra (B8) hullámhossz-tartományokból számított vegetációs index (NDVI) hamisszínes felvételén viszont már nehezebben ismerhető fel a felhő, illetve annak a táblára vetülő árnyéka. Automatizált számítás és felhasználás esetében ez a felvétel problémát okozhat, erre a problémára szűrőalgoritmusokat lehet felhasználni.

A szaktanácsadás céljából a gyakorlatban elsősorban a 10 és 20 méteres térbeli felbontású csatornákat használják fel, és ebből különböző vegetációs indexeket számítanak.

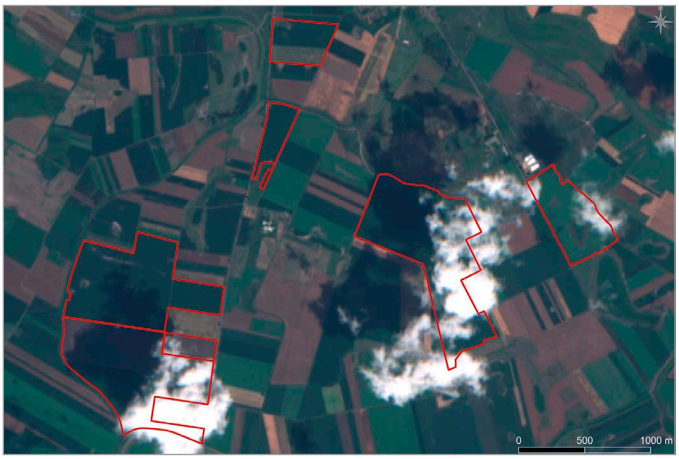
A példaként egy gazdaság szántóföldi tábláját választottuk (1 és 2-es ábra). A műhold RGB hullámhossztartományban készített felvételén, a tábla bal (nyugati) oldalán, megfigyelhető egy rég eltemetett folyóméder. A gyenge termőképességű talajfolt folytatódik a tábla alsó (déli) részén levő lucerna állományban is. A lucernaállomány délnyugati részén kopár, illetve ritka állománnyal fedett területként jelenik meg a talajfolt.

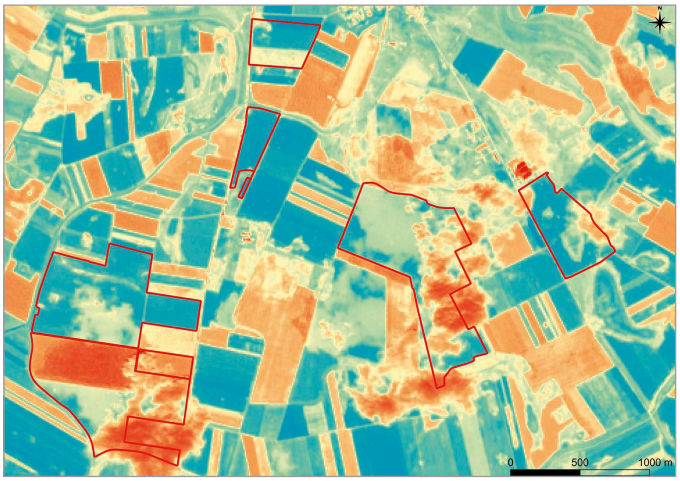
Az említett gyenge termőképességű talajfolt megfigyelhető a hozammérővel felszeret kukoricakombájn adataiból készített hozamtérképen is piros színnel. A műhold és hozamtérképből készített kompozit felvételen emellett a tábla déli részén levő kopár lucernafolt északi folytatása is látható a nyers hozamtérképen (5. ábra).

1. ábra A Sentinel 2 műhold 110 x 110 kilométeres felvétele a magyarországi megyék méretéhez viszonyítva



2. ábra Sentinel 2 műhold TCI (látható fényes csatorna) felvétele és a feldolgozást akadályozó felhők jelenléte a szántóföldi táblák felett





3. ábra A Sentinel 2 műhold felvételéből számított növényi vegetációs index (NDVI) térkép

4. ábra A vizsgált szántóföldi tábla Google Earth RGB műholdfelvétele

A vegetációs indexek dimenziómentes mérőszámok, számos távérzékeléshez használható fajtájuk létezik, ezek gyűjteménye elérhető *https://www.indexdatabase.de/* weboldalon. A növényzet vizsgálatára is rengeteg vegetációs index létezik, a Sentinel 2 műholdcsatornákból számított vegetációs indexeket és számítási módjukat a 2. táblázat foglalja össze.

Az NDVI az egyik legszélesebb körben felhasznált vegetációs index, a közeli infra (NIR) és a vörös csatorna értékeit használja fel. A növény klorofilltartalmával és lombozatával függ össze, ugyanis a klorofill fény elnyelőképessége a látható tartományban nagyobb, míg az NIR tartományban kisebb. Ezt a vegetációs indexet használják fel a mezőgazdasági szaktanácsadók a legnagyobb mértékben. A felvételen a nagy NDVI index-értékek kék színnel, a közepesek zöldön át sárgával, a kisebb értékek piros színnel vannak jelölve. A kukorica állományról készített felvételen megfigyelhető a tábla nyugati részén elhelyezkedő alacsony termőképességű talajfolt sárga és zöld színnel. A déli lucerna alapvetően elüt az északi kukoricától. Ebben is megfigyelhető a gyenge termőképességű talajfolt folytatása, amit sárgás barna színnel a ritkább lucernaállomány indukál (6. ábra).

A másik általunk bemutatott vegetációs index az NDRE, azaz normalizált differencia vörös él index. Számítási módja hasonló az NDVI-hoz, azonban a vörös csatornát a 705 nanométeres vörös él pozíció csatornájával helyettesítik. A vörös él, a vörös és közeli infravörös spektrum közötti átmenetet jelenti (7. ábra)

A kukoricaállomány NDRE index felvételén kimutatható a gyenge termőképességű talajfolt hatása, mely a felvételen zöld és sárga színnel látható. A kék színnel jelölt nagy NDRE index értékű kukorica állománytól jelentős mértékben alacsonyabb NDRE index értékekkel rendelkezik a sárgás barna színnel jelölt lucernaállomány (8. ábra).

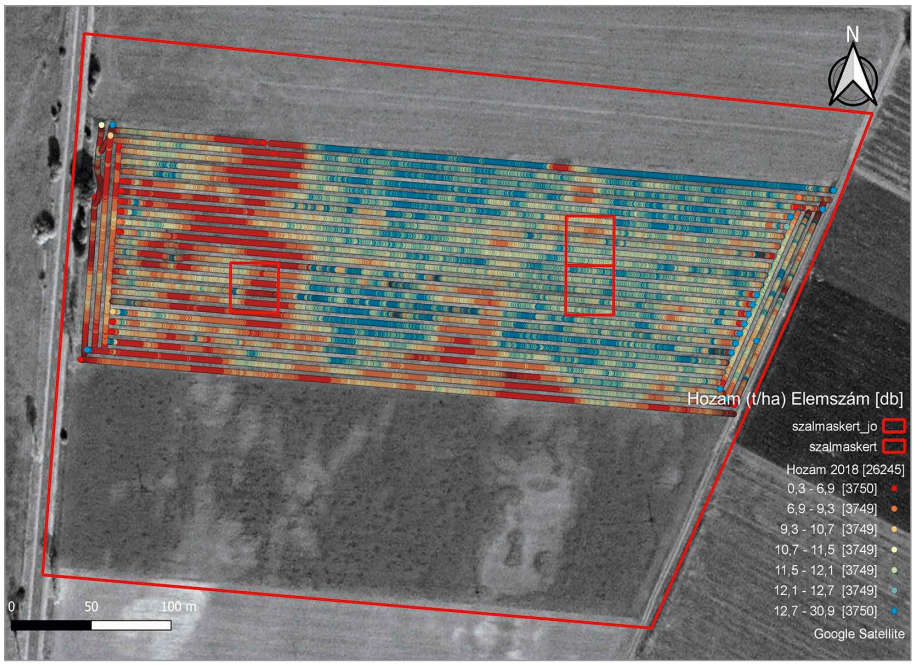
2. táblázat A cikkben felhasznált vegetációs indexek és számításuk módja

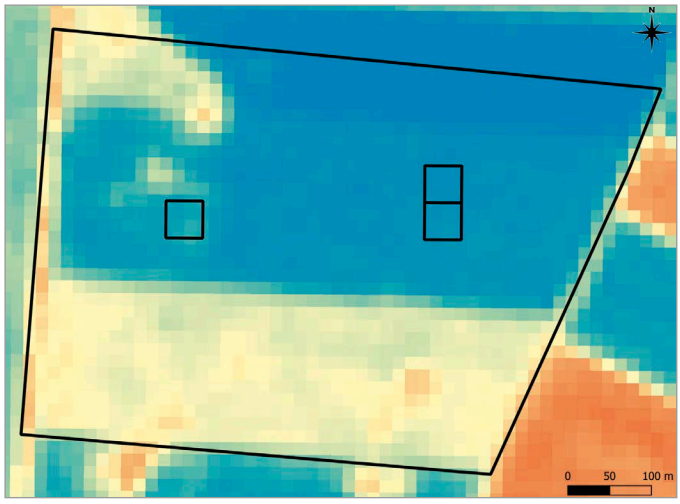
index	név	A vegetációs indexhez felhasznált Sentinel 2 műholdcsatornák	felbontás (m x m)
NDVI	Normalizált differencia vegetációs index	(B8 - B4) / (B8 + B4)	10x10
NDRE	Normalizált differencia vörös él index	(B8 - B5) / (B8 + B5)	10x10
NGRDI	Normalizált zöld vörös differencia index	(B3 - B4) / (B3 + B4)	10x10
NDWI	Normalizált differencia víz index	(B8 - B11) / (B8 + B11)	10x10
MSI	Nedvesség stressz index	B11 / B8	20x20

A következő a látható fényspektrumokat, azaz a zöldet és vörös csatornákat felhasználó NGRDI felvétel, a nagyobb értékek itt is kékkel, a gyengébb értékek zöld, majd sárga, majd vörös színnel jelennek meg. A gyenge termőképességű talajfolt a hagyományos NDVI indexhez hasonlóan jól kivehető. A kukoricaállomány fejlettségi szintjében meglévő kisebb különbségek is jól láthatók. A déli lucerna- és északi kukoricaállomány közötti különbség is erősen kontrasztos. Az NDRE index alkalmazásával az eltérő termőképességű talajfoltok jobban megjelennek (9. ábra).

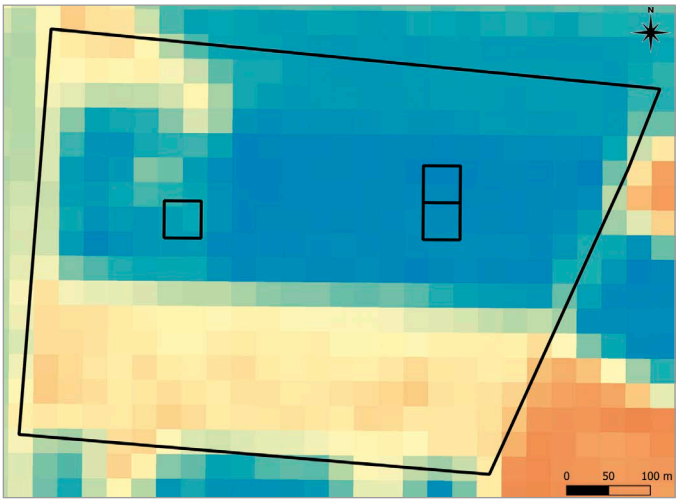
A 10. ábrán a vizsgált tábla NDWI, azaz normalizált differencia víz index felvétele látható, ezt az indexet a levelek, illetve a lombozat víztartalmának nyomon követésére fejlesztettek ki. A felvételen kékkel a nagyobb, zöldön és sárgán át piros színnel a kisebb értékek vannak megjelenítve. Az index kiszámítása során nem használjuk a látható fényspektrumot, hanem kizárólag infratartományt veszünk számításba.

5. ábra A vizsgált tábla hozamtérképe



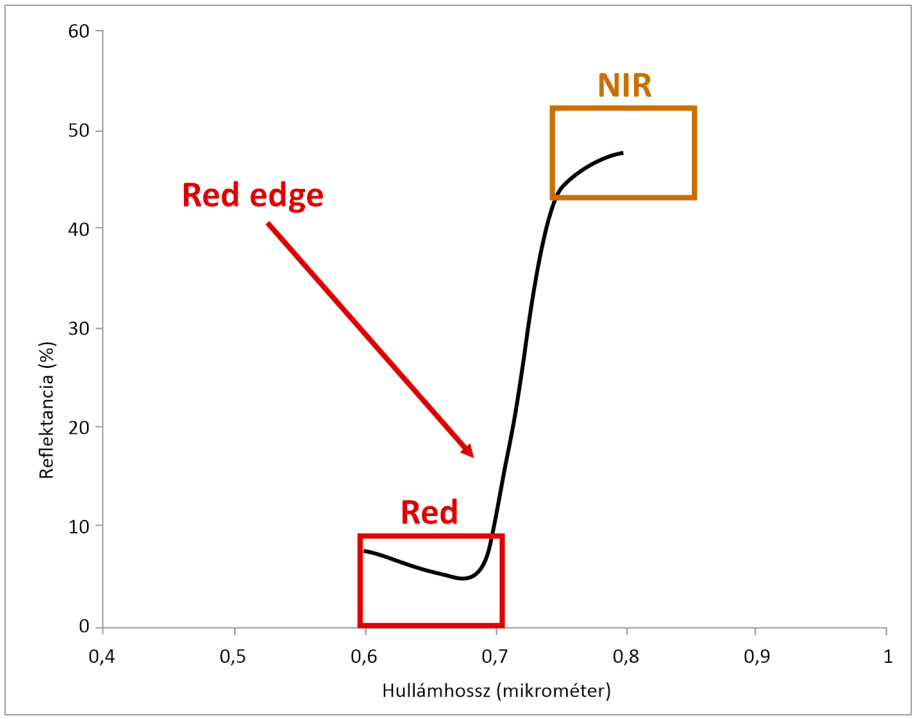


6. ábra A vizsgált tábla 10x10 méter felbontású NDVI index felvétele



8. ábra A vizsgált tábla 20x20 méteres NDRE index felvétele

7. ábra A vörös él pozíció grafikus megjelenítése
(Forrás: *http://www.eumetrain.org/data/3/36/navmenu.php?page=3.2.3*)

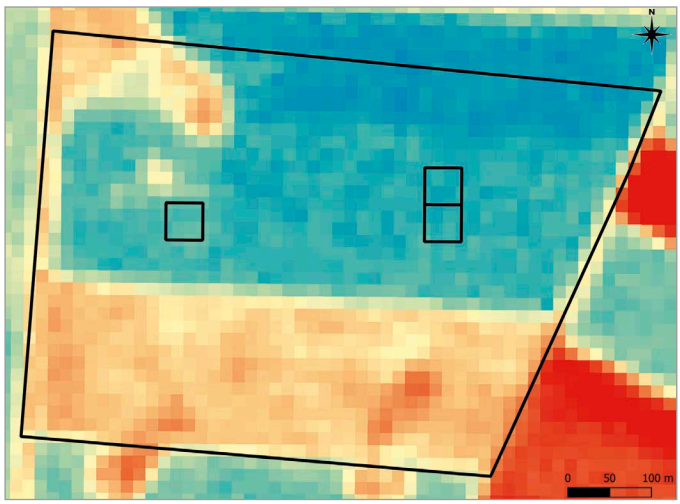
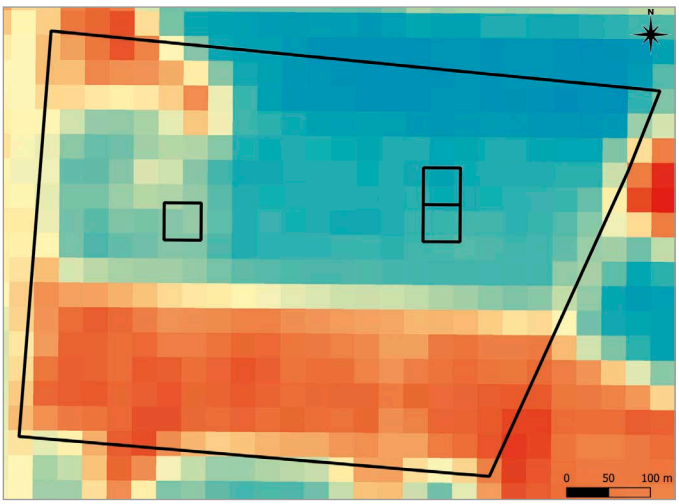


Az NDWI index térképen az északi kukoricaállomány nyugati részén megfigyelhető a gyenge termőképességű talajfolt, a kukoricaállomány vegetációs indexe jelentősen eltér a déli lucernaállománytól. A lucernaállományban viszont a két talajfolt nem jelenik meg markánsan.

Összességében elmondható, hogy a műholdalapú vegetációs indexek felhasználhatók a táblán belüli heterogenitás vizsgálatára, mind a látható mind az infra spektrum adatainak felhasználásával. A felvételek jól mutatják a növényzet egészségi állapotát, a hozamtérkép felhasználása azonban sokat javíthat ezen felvételek értelmezésén. A műholdfelvételen megjelenő magas vegetációs index értékű egészséges növényállomány egy gyomfoltot is jelenthet, ahol viszont a hozamtérkép alacsony termésátlagot mutat.

Dr. Ragán Péter
Dr. Rátonyi Tamás
Bácskai István
Dr. Harsányi Endre
NAIK MGI

9. ábra A vizsgált tábla 10x10 méteres felbontású NGRDI felvétele



10. ábra A vizsgált tábla 20x20 méteres térbeli felbontású NDWI felvétele